

明 細 書

エンジンの過渡試験装置および方法

技術分野

- [0001] 本発明は、エンジン(内燃機関)の過渡試験に用いる。本発明は、特にディーゼルエンジンの過渡特性性能を、要求される性能目標に適合化させるための過渡試験方法およびそのためのシステムに関する。本発明は、エンジン過渡性能目標を満足するエンジン制御システムを短時間に構築できるようにするためのものである。

背景技術

- [0002] エンジンの過渡特性は、回転速度やトルクが一定状態であるような定常状態でなく、時間によって変化する場合の特性をいう。例えば、加速中であるとか減速中であるとか、回転速度などが変化している状態でのエンジンの特性をいう。
- [0003] 従来のエンジンの過渡状態でのエンジンのトルク出力や排気ガスなどの出力特性測定は、実機を定常状態にしてそのエンジンの出力状態を測定し、その定常状態の出力データに何らかの重み付けをして過渡状態の特性に置き換えてエンジンの出力を推定するという手法で行われていた。
- [0004] しかし、定常状態でのエンジン特性の測定は、あるエンジンの制御因子(例えば燃料噴射量、燃料噴射タイミングなど)の制御値を変更したときは、定常状態になるまで所定時間(例えば3分)経過するのを待ってその状態の出力を測定するというように、一つの制御因子の制御値を変更して定常状態になって所定時間経過後に測定し、次にまた制御因子の制御値を変更して、測定を行うというように時間のかかるものであった。
- [0005] 実際の車両の走行では、エンジンは加速状態あるいは減速状態である時間の方が多く、定速状態で走行できることの方が少ない。このため、エンジンの過渡状態での特性を測定することが重要である。また、近年排気ガス規制の仕方が、いままでのエンジンの定常状態での排気ガスの値で規制するのではなく、エンジンの過渡状態での排気ガスの規制値で規制しようとする方向にある。したがって、エンジンについて、どの制御因子をどのように変更したらどのような過渡状態の排気ガスが得られるかと

いう過渡特性の測定が重要になった。

[0006] 上述したように、定常状態のエンジンの制御因子の変更に対してどのような出力が得られるかという定常特性の測定でも、制御因子が多くなり、特にECUによる電子制御によってエンジン制御に多数の制御因子が現れるようになったので、試験時間が長時間かかるようになった。例えば、EGR (Exhaust Gas Recirculation) バルブ制御であるとか、VGT (Variable Geometry Turbo) 制御などエンジン制御に関する種々の電子制御の要素が加わってくるようになった。過渡特性測定では、エンジンの回転速度やトルク自体が時系列的に変化する状態で、その出力データも当然時系列的に変動するデータとして現れるので、制御因子の数が多くなり、それらの制御因子一つ一つについてその制御値を変更しながら定常状態で測定しようとするれば、その試験時間は指数関数的に増大する。

[0007] そこで、仮想的にエンジンや車両の特性を模擬したシミュレーションを用いてエンジン制御等の評価を行うとする技術が提案されている(特許文献1参照)。

[0008] この技術は、シミュレータ内にエンジンを含む仮想的な車両モデルを車種ごとに作成しておき、車両モデルに種々の制御入力、例えばスリット開度であるとか、クランク角度などの制御因子の制御値を入力し、その入力された制御値に基づいて仮想的な車両モデルの出力として、エンジン回転速度とか車速とか排気ガス温度センサの値とかを推定しようとするものである。

特許文献1:特開平11-326135号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] 上述のように、実機で定常状態や過渡状態の特性を測定しようとする、近年はエンジンの制御因子の数が多数になったため、試験データを得るにはどうしても長時間かかり、エンジン開発のネックとなっていた。

[0010] また、仮想のエンジンモデルを含む車両モデルをシミュレータに展開して、それを用いてエンジンの挙動を観察する手法は、エンジン開発の時間を短縮できる点で有用である。しかし、上述の公知文献では車両モデルの模擬モデルを作成することを目的とするもので、エンジンの過渡状態の現象について模擬モデルを生成してそれ

によりエンジンの過渡状態に要求される性能を評価するものではなかった。また、エンジンのそれぞれの制御因子の制御値を過渡状態に対応して変更してその結果を推定するには、操作性が悪い問題があった。

- [0011] 本発明は、このような背景になされたもので、エンジンの過渡試験の時間を短縮することができる過渡試験装置および方法を提供することを目的とする。また、本発明は、過渡状態のエンジンに要求される性能目標を満足するエンジンの制御値を設定する際に、オペレータが視覚的に制御値の設定状態を把握することができる過渡試験装置および方法を提供することを目的とする。これにより、本発明は、エンジン開発の時間を短縮することができる過渡試験装置および方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0012] 一般的に、エンジンの過渡試験を実施する場合に、まず、このエンジンの模擬モデルを使ってシミュレーションを実行する。すなわち、エンジンの制御を行なうECU(Electronic Control Unit or Engine Control Unit)をエミュレートする仮想ECUに制御値を設定し、その制御値に基づいて模擬モデルに制御信号を供給する。そして、当該模擬モデルが目標性能を満足するような制御値が得られると、その制御値を実際のECUに設定し、実エンジンによる過渡試験を実施する。
- [0013] このようなシミュレーションでは制御値のベストモードの検討が行われるが、オペレータが手動により制御値を変更する必要がある。本発明は、オペレータの操作(チューニング)を援助するためのものである。
- [0014] すなわち、本発明の第一の観点によると、時間の経過に応じてエンジンの回転速度あるいはトルクが変動する過渡状態をシミュレートする仮想エンジン試験手段を備え、この仮想エンジン試験手段は、少なくとも1つの制御因子の値を変化させて実機エンジンを運転することにより得られたデータに基づいて作成された過渡エンジンモデルによりエンジンの挙動をシミュレートするシミュレーション手段と、実機エンジンを制御する実制御手段(ECU)をエミュレートし、前記シミュレーション手段にエンジン制御信号を与える仮想制御手段と、この仮想制御手段に前記制御因子に対する制御値を与えるとともに、前記シミュレーション手段のシミュレーション結果をオペレータ

の表示手段に表示させ、オペレータの操作に従って前記制御値を修正する制御値操作手段とを含み、前記制御値操作手段は、前記シミュレーション結果と共にそのシミュレーションに用いた制御値を前記表示手段に時系列的にグラフ表示させる手段を含むことを特徴とするエンジンの過渡試験装置が提供される。

- [0015] 前記制御値操作手段により修正された制御値を用いて実機エンジンの過渡試験を行なう手段と、この過渡試験を行なう手段の試験結果に基づいて前記シミュレーション手段の過渡エンジンモデルを更新する手段とをさらに備えることができる。
- [0016] 本発明の過渡試験装置では、シミュレーションの実行結果の表示と共に当該シミュレーションの実行に用いた制御値を時系列的にグラフ表示することにより、実行結果と制御値との対応関係をオペレータが視覚的に把握することを容易にすることができる。
- [0017] 前記制御値操作手段は、前記表示手段にグラフ表示された制御値に対してオペレータが行なったドラッグ操作に従って、制御値を更新することが望ましい。これにより、オペレータは、視覚的にシミュレーションの実行結果と制御値との対応関係を把握しながら、制御値の変更操作を行うことができる。したがって、制御値をどのように変更したらシミュレーションの実行結果がどのように変更されるかという対応関係を実験的に認識することができるため、過渡状態のエンジンに要求される性能目標を満足する結果を短時間に得ることを容易にする。
- [0018] 前記制御値操作手段は、シミュレーション手段におけるシミュレーションの目標値をシミュレーション結果と並行に前記表示手段に表示させることが望ましい。
- [0019] 前記制御値操作手段は、シミュレーション結果と目標値との差分が許容範囲を超えた箇所については、そのシミュレーション結果についてそれ以外の箇所とは異なる表示パターンで表示させることが望ましい。また、シミュレーション結果と目標値との差分が許容範囲を越えた箇所に対応する制御値についても、それ以外の箇所と異なる表示パターンで表示させることが望ましい。これによりオペレータは、シミュレーション結果の中で再検討すべき箇所を速やかに把握することができ、オペレータの操作効率を高めることができる。
- [0020] シミュレーションの実行時間を単位時間毎のタイムスリットに分割し、シミュレーショ

ン結果と目標値との差分の積分値が閾値を越えたタイムスリットについて、それ以外のタイムスリットと異なる表示パターンで表示させることもできる。このようにすれば、短いパルス的なピークをもつシミュレーション結果の値は取り除き、許容範囲を越えた箇所を検出することができるため、精度の高い検出を行なうことができる。

[0021] 本発明の第二の観点によると、時間の経過に応じてエンジンの回転速度あるいはトルクが変動する過渡状態で少なくとも1つの制御因子の値を変化させて実機エンジンを運転することにより得られたデータに基づいて過渡エンジンモデルを作成する第一のステップと、この過渡エンジンモデルを仮想エンジンとし、この仮想エンジンを動作させるための前記制御因子に対する制御値を表示する第二のステップと、実機エンジンを制御する実制御手段をエミュレートし、前記制御値に基づいて前記仮想エンジンにエンジン制御信号を与える第三のステップと、このエンジン制御信号にしたがって前記仮想エンジンを動作させたシミュレーション結果を表示する第四のステップと、表示されたシミュレーション結果に対応して前記制御値を修正する第五のステップとを含み、前記シミュレーション結果が性能目標を満足するまで前記第二ないし第五のステップを繰り返し、前記第二のステップでは前記制御値を時系列的にグラフ表示し、前記第四のステップでは前記シミュレーション結果を前記制御値のグラフ表示と並列に表示することを特徴とするエンジンの過渡試験方法が提供される。

[0022] 前記第二ないし第五のステップを繰り返して性能目標を満足する結果が得られたときの制御値を実機エンジンの制御手段に与えてその実機エンジンで実際に過渡試験を行なう第六のステップと、この過渡試験の結果に基づいて前記過渡エンジンモデルを更新する第七のステップとをさらに含み、更新された過渡エンジンモデルを用いて前記第二ないし第五のステップを繰り返すことができる。

[0023] 前記第五のステップでは、前記第二のステップにおいてグラフ表示された制御値に対してオペレータがドラッグ操作を行なうことにより制御値を更新することが望ましい。

[0024] 前記第二のステップまたは前記第四のステップにおいて、シミュレーションの目標値を前記第四のステップにおいてシミュレーション結果と並行に表示されるように表示することができる。

[0025] 前記第四のステップでは、シミュレーション結果と目標値との差分が許容範囲を超

えた箇所について、そのシミュレーション結果についてそれ以外の箇所とは異なる表示パターンで表示することが望ましい。シミュレーション結果と目標値との差分が許容範囲を越えた箇所に対応する制御値についても、それ以外の箇所と異なる表示パターンとすることが望ましい。

[0026] 前記第四のステップでは、シミュレーションの実行時間を単位時間毎のタイムスリットに分割し、シミュレーション結果と目標値との差分の積分値が閾値を越えたタイムスリットについて、それ以外のタイムスリットと異なる表示パターンで表示することもできる。

[0027] 本発明の第三の観点によると、情報処理装置にインストールすることにより、少なくとも1つの制御因子の値を変化させて実機エンジンを運転することにより得られたデータに基づいて作成された過渡エンジンモデルによりエンジンの挙動をシミュレートするシミュレーション手段と、実機エンジンを制御する実制御手段をエミュレートし、前記シミュレーション手段にエンジン制御信号を与える仮想制御手段と、この仮想制御手段に前記制御因子に対する制御値を与えるとともに、前記シミュレーション手段のシミュレーション結果をオペレータの表示手段に表示させ、オペレータの操作に従って前記制御値を修正する制御値操作手段と、前記シミュレーション結果と共にそのシミュレーションに用いた制御値を前記表示手段に時系列的にグラフ表示させる手段とを実現することを特徴とするコンピュータプログラムが提供される。

[0028] このコンピュータプログラムは、情報処理装置で読み取り可能な記憶媒体として流通させることができ、また、ネットワークを介して直接情報処理装置にインストールすることもでき、本発明を汎用の情報処理装置を用いて実施することができる。

発明の効果

[0029] 本発明では、性能目標を満足するエンジンの制御値を設定する際に、オペレータが制御値の設定状況を視覚的に把握することができる。本発明によりエンジン開発の時間を短くでき、製品開発の時間を短くできる。

図面の簡単な説明

[0030] [図1]本発明を実施するエンジン過渡試験装置のブロック構成図。

[図2]実機による試験を含むエンジン過渡試験の全体の流れを示すフローチャート。

- [図3]仮想エンジン試験装置による処理の流れを示すフローチャート。
- [図4]過渡状態におけるデータ取得例を説明するための図。
- [図5]制御値操作部によるオペレータ端末への表示例を示す図。
- [図6]制御値の修正操作の一例を示す図。
- [図7]シミュレーション結果と目標値との表示例を示す図。
- [図8]現在の制御値と目標となる制御値との表示例を示す図。
- [図9]シミュレーション結果と制御値との遅延の補正例を示す図。
- [図10]仮想エンジン試験装置による処理の別の例を示すフローチャート。
- [図11]タイムスリットに分割した表示例を示す図。
- [図12]許容範囲を越えたタイムスリットを異なる表示とした表示例を示す図。
- [図13]制御因子として利用可能な燃料噴射量制御値の表示例を示す図。

符号の説明

- [0031] 1 仮想エンジン試験装置
- 2 モデル作成部
- 3 仮想ECU
- 4 制御値操作部
- 5 エンジンシミュレーション部
- 6 オペレータ端末
- 10 実機過渡試験装置
- 11 ECU
- 12 エンジン
- 13 回転検出器
- 14 計測部

発明を実施するための最良の形態

- [0032] 図1は本発明を実施するエンジン過渡試験装置のブロック構成図である。このエンジン過渡試験装置は、時間の経過に応じてエンジンの回転速度あるいはトルクが変動する過渡状態をシミュレートする仮想エンジン試験装置1と、実際のエンジンの過渡試験を行なう実機過渡試験装置10とを備える。実機過渡試験装置10には、エン

ジンの制御を行なうECU11、ECU11によって制御されるエンジン12、エンジン12のクランクシャフトの回転速度およびトルクを検出する回転検出器13、回転検出器13から出力される回転速度およびエンジン12の排ガス、煙、その他(燃費等)を計測する計測部14を備える。

- [0033] 仮想エンジン試験装置1は、少なくとも1つの制御因子の値を変化させてエンジン12を運転することにより得られたデータに基づいて作成された過渡エンジンモデルによりエンジン12の挙動をシミュレートするエンジンシミュレーション部5と、ECU11をエミュレートし、エンジンシミュレーション部5にエンジン制御信号を与える仮想ECU3と、この仮想ECU3に前記制御因子に対する制御値を与えるとともに、エンジンシミュレーション部5のシミュレーション結果をオペレータ端末6の表示画面に表示させ、オペレータの操作に従って制御値を修正する制御値操作部4とを備える。制御値操作部4は、シミュレーション結果と共にそのシミュレーションに用いた制御値をオペレータ端末6の表示画面に時系列的にグラフ表示させることができる(図5参照)。
- [0034] 仮想エンジン試験装置1はまた、制御値操作部4により修正された制御値を実機過渡試験装置10のECU11に与えてエンジン12の過渡試験を行なって得られた試験結果、すなわち計測部14の出力、に基づいてエンジンシミュレーション部5の過渡エンジンモデルを更新するモデル作成部2を備える。
- [0035] 実機過渡試験装置10と仮想エンジン試験装置1とは隣接して設ける必要はなく、例えば、LANを用いて実機過渡試験装置10と仮想エンジン試験装置1とを接続してもよい。さらに、仮想エンジン試験装置1とオペレータ端末6とを隣接して設ける必要はなく、これらもLANを用いて接続することができる。
- [0036] 図2は実機による試験を含むエンジン過渡試験の全体の流れを示すフローチャートであり、図3は仮想エンジン試験装置による処理の流れを示すフローチャートである。
- [0037] エンジン過渡試験を行なうために、まず、時間の経過に応じてエンジンの回転速度あるいはトルクが変動する過渡状態で少なくとも1つの制御因子の値を変化させて実機エンジン12を運転し(S1)、計測部14によりそのデータを取得する(S2)。このデータを用いてモデル作成部2において過渡エンジンモデルを作成し(S4)、この過渡エンジンモデルを仮想エンジンとしてシミュレーションを実行する(S5)。

- [0038] このシミュレーションにおいては、モデル作成部2で作成した過渡エンジンモデルをエンジンシミュレーション部5に格納し(S50)、制御値操作部4は、この過渡エンジンモデルからなる仮想エンジンを動作させるための制御因子に対する制御値を仮想ECU3に設定するとともに、それをオペレータ端末6に表示する(S51)。仮想ECU3は、エンジン12を制御するECU11をエミュレートし、制御値操作部4により設定された制御値に基づいて、エンジンシミュレーション部5の仮想エンジンにエンジン制御信号を与え、シミュレーションを実行する(S52)。制御値操作部4は、シミュレーション結果をオペレータ端末6に表示するとともに(S53)、目標値を並行表示する(S54)。オペレータはこの表示を見て、性能目標が満足されたか否かを判断する(S55)。性能目標が満足されていない場合には、制御値操作部4において、表示されたシミュレーション結果に対応して制御値の修正を受け付ける(S56)。以上のステップをシミュレーション結果が性能目標を満足するまで繰り返す。
- [0039] 以上のステップを繰り返して性能目標を満足する結果が得られると、その制御値をECU11に与え、エンジン12で実際に過渡試験を行なう(S1)。計測部14によりそのデータを取得し(S2)、要求される過渡性能目標が実際に満足されるかを確認する(S3)。満足された場合には、その制御値を用いて、ECU11の制御ソフトウェアを作成する(S6)。満足されなかった場合には、モデル作成部2において過渡エンジンモデルを更新し(S4)、シミュレーションを実行する(S5)。
- [0040] 図4を参照して過渡状態における実機エンジンからのデータ取得例を説明する。図4に示すように、回転速度(一点鎖線)、トルク(実線)が秒単位で変化する過渡運転を実施する。このときECU11の制御因子は、破線のようにエンジン12に与えられる。これらの回転速度、トルク、制御因子をそれぞれ記録して表示したものが図4に示すグラフである。また、制御因子の変化と回転速度、トルクの変化との間に遅延がある場合には、これを補正して記録表示することができる。これにより、制御因子の変化に対応する回転速度、トルクの変化を明示することができる。
- [0041] 具体的な例として、制御因子としてEGRおよびVGT、性能目標の指標として一時間当たりのNO_xのグラム数(g/h)および一秒当たりの煙のグラム数(g/s)を想定する。ECU11にEGR制御値およびVGT制御値を設定し、それらの制御値にしたが

ってエンジン12を制御し(図2のS1)、回転検出器13により回転速度およびトルクを測定してそのデータを計測部14に取り込むとともに、計測部14により、エンジン12から排出されるNO_xおよび煙を計測する(S2)。この計測結果に基づいてモデル作成部2によりモデル作成を行い(S4)、エンジンシミュレーション部5に格納して(図3のS50)、上述の手順によるシミュレーションを開始する。

[0042] 図5に、制御値操作部4によるオペレータ端末6への表示例を示す。制御値操作部4はオペレータ端末6に、シミュレーション結果であるNO_x排出量および煙の排出量とともに、そのシミュレーションに用いた制御値であるEGR制御値およびVGT制御値を時系列的にグラフ表示させる。シミュレーションを実行する前の初期値として、最初の実機試験時にECU11に設定された制御値と計測部14により計測された結果とを表示することもできる。

[0043] 仮想ECU3に設定される制御値を修正するには、オペレータ端末6上にグラフ表示された制御値をオペレータがマウスによりドラッグ操作する。このときの操作状況がオペレータ端末6から制御値操作部4に通知され、制御値操作部4が新たな制御値を求めてオペレータ端末6に表示する。これにより、視覚的にグラフ形状の変化を確認しながら制御値を変更することができる。

[0044] 図6は制御値の修正操作の一例を示す。まず、図6(a)に示す現在の制御値のグラフに対し、変更を行う範囲を画面の横軸方向に指定する。この範囲指定は、図6(b)に示すように、マウス操作によって画面上のポインタを横軸方向にドラッグさせることにより行う。続いて、変更を行う増減幅を画面の縦軸方向に指定する。この増減幅指定は、図6(c)に示すように、マウス操作によって画面上のポインタを縦軸方向にドラッグさせることにより行う。

[0045] グラフ形状の変化による制御値の修正だけでなく、オペレータ端末6から直接制御値を入力して修正することもできる。

[0046] シミュレーションの目標値をシミュレーション結果と並列に表示させることもできる。その例を図7に示す。この例では、NO_xおよび煙のシミュレーション結果(仮想実測値)を実線で示し、その目標値を破線で示している。オペレータは、この仮想実測値と目標値との差が許容範囲内かどうかを判断し、許容範囲外有的时候には、仮想実測

値が目標値に近づくように制御値を修正する。

- [0047] 制御値の修正に関しても、修正前の値と修正後の値を並列表示することが望ましい。図8に、修正前の制御値を実線で示し、修正後の制御値を破線で示した例を示す。
- [0048] このようにして変更された制御値は、再び仮想ECU3に与えられ、エンジンシミュレーション部5によるシミュレーションが実行される。
- [0049] 制御値の変化とシミュレーションの実行結果との間に遅延がある場合は、この遅延を補正することができる。図9に遅延補正の例を示す。EGR制御値に故意に外乱を与えるために、テストパターンを挿入する。この外乱の影響が煙の量の顕著な変化となって t 時間後に現れる。これにより、EGR制御値と煙量との間には t 時間の遅延があることがわかるので、これを補正して表示することにより、シミュレーションの実行結果と制御値とを時系列的に対応させることができる。他のシミュレーション実行結果と制御値との間の遅延についても同様に補正することができる。
- [0050] シミュレーション結果と目標値との差分が許容範囲を越えた場合には、その箇所のシミュレーション結果をそれ以外の箇所と異なる表示パターンで表示させることもできる。このような処理の流れを図10に示す。この処理は、目標値並列表示(S54)、仮想エンジン試験装置による処理の流れを示す。この処理フローが図3に示した処理フローと異なる点は、制御値操作部4が、シミュレーション結果および目標値をオペレータ端末6に表示(S53、S54)した後、実行結果と目標値との差分が許容範囲を越えた箇所があるかどうかを判定し(S61)、越えた箇所がある場合には、その箇所がオペレータにすぐにわかるように、他と異なる表示パターンにより警告表示を行なう(S62)ことである。
- [0051] 異なる表示パターンとするためには、シミュレーションの実行時間を単位時間毎のタイムスリットに分割しておき、そのタイムスリットを単位に許容範囲内か否かを判断することがよい。すなわち、シミュレーション結果と目標値との差分の積分値が閾値を越えたタイムスリットについて、それ以外のタイムスリットと異なる表示パターンで表示させる。図11および図12にタイムスリットに分割した表示例を示す。図11の表示例では、シミュレーション結果(仮想実測値)と目標値とをタイムスリットに分けて並列に表示し

ている。図12の表示例では、仮想実測値と目標値との差分が許容範囲を越えたタイムスリットについて、仮想実測値および目標値を他のタイムスリットと異なる表示とし、さらに、制御値についても、他のタイムスリットと異なる表示としている。図11、図12では他と異なる表示をハッチングで示しているが、実用的には色を変えた表示とすることが望ましい。

[0052] 以上の説明では、制御因子の例としてEGR制御値およびVGT制御値を挙げて説明したが、その他の制御因子についても同様に説明することができる。例えば、図13に示すような、図7に示したNOxおよび煙の過渡状態に対応する燃料噴射量の制御値を用いることもできる。

[0053] 以上説明したように、本発明によれば、エンジンの過渡状態をシミュレートして性能目標を満足するエンジンの制御値を設定する際に、オペレータが制御値の設定状況を視覚的に把握することができる。本発明によりエンジン開発の時間を短くでき、製品開発の時間を短くできる。

産業上の利用可能性

[0054] 上述した実施例における仮想エンジン試験装置1、特にその仮想ECU3、エンジンシミュレーション部5および制御値操作部4については、汎用の情報処理装置を用いて実施することができる。本発明は、汎用の情報処理装置にインストールして上記各部を実現するコンピュータプログラムとして実施することができ、さらに、そのようなコンピュータプログラムが記録された情報処理装置読み取り可能な記録媒体として実施することができる。

請求の範囲

- [1] 時間の経過に応じてエンジンの回転速度あるいはトルクが変動する過渡状態をシミュレートする仮想エンジン試験手段を備え、
この仮想エンジン試験手段は、
少なくとも1つの制御因子の値を変化させて実機エンジンを運転することにより得られたデータに基づいて作成された過渡エンジンモデルによりエンジンの挙動をシミュレートするシミュレーション手段と、
実機エンジンを制御する実制御手段をエミュレートし、前記シミュレーション手段にエンジン制御信号を与える仮想制御手段と、
この仮想制御手段に前記制御因子に対する制御値を与えるとともに、前記シミュレーション手段のシミュレーション結果をオペレータの表示手段に表示させ、オペレータの操作に従って前記制御値を修正する制御値操作手段と
を含み、
前記制御値操作手段は、前記シミュレーション結果と共にそのシミュレーションに用いた制御値を前記表示手段に時系列的にグラフ表示させる手段を含む
ことを特徴とするエンジンの過渡試験装置。
- [2] 前記制御値操作手段により修正された制御値を用いて実機エンジンの過渡試験を行なう手段と、
この過渡試験を行なう手段の試験結果に基づいて前記シミュレーション手段の過渡エンジンモデルを更新する手段と
をさらに備えた請求項1記載のエンジンの過渡試験装置。
- [3] 前記制御値操作手段は、前記表示手段にグラフ表示された制御値に対してオペレータが行なったドラッグ操作に従って、制御値を更新する請求項1記載のエンジンの過渡試験装置。
- [4] 前記制御値操作手段は、シミュレーション手段におけるシミュレーションの目標値をシミュレーション結果と並行に前記表示手段に表示させる請求項1記載のエンジンの過渡試験装置。
- [5] 前記制御値操作手段は、シミュレーション結果と目標値との差分が許容範囲を超え

た箇所については、そのシミュレーション結果についてそれ以外の箇所とは異なる表示パターンで表示させる請求項1記載のエンジンの過渡試験装置。

- [6] 前記制御値操作手段は、シミュレーション結果と目標値との差分が許容範囲を越えた箇所に対応する制御値について、それ以外の箇所と異なる表示パターンで表示させる請求項1記載のエンジンの過渡試験装置。

- [7] 前記制御値操作手段は、シミュレーションの実行時間を単位時間毎のタイムスリットに分割し、シミュレーション結果と目標値との差分の積分値が閾値を越えたタイムスリットについて、それ以外のタイムスリットと異なる表示パターンで表示させる請求項1記載のエンジンの過渡試験装置。

- [8] 時間の経過に応じてエンジンの回転速度あるいはトルクが変動する過渡状態で少なくとも1つの制御因子の値を変化させて実機エンジンを運転することにより得られたデータに基づいて過渡エンジンモデルを作成する第一のステップと、

この過渡エンジンモデルを仮想エンジンとし、この仮想エンジンを動作させるための前記制御因子に対する制御値を表示する第二のステップと、

実機エンジンを制御する実制御手段をエミュレートし、前記制御値に基づいて前記仮想エンジンにエンジン制御信号を与える第三のステップと、

このエンジン制御信号にしたがって前記仮想エンジンを動作させたシミュレーション結果を表示する第四のステップと、

表示されたシミュレーション結果に対応して前記制御値を修正する第五のステップと

を含み、

前記シミュレーション結果が性能目標を満足するまで前記第二ないし第五のステップを繰り返し、

前記第二のステップでは前記制御値を時系列的にグラフ表示し、

前記第四のステップでは前記シミュレーション結果を前記制御値のグラフ表示と並列に表示する

ことを特徴とするエンジンの過渡試験方法。

- [9] 前記第二ないし第五のステップを繰り返して性能目標を満足する結果が得られたと

きの制御値を実機エンジンの制御手段に与えてその実機エンジンで実際に過渡試験を行なう第六のステップと、

この過渡試験の結果に基づいて前記過渡エンジンモデルを更新する第七のステップと

をさらに含み、

更新された過渡エンジンモデルを用いて前記第二ないし第五のステップを繰り返す

請求項8記載のエンジンの過渡試験方法。

- [10] 前記第五のステップでは、前記第二のステップにおいてグラフ表示された制御値に対してオペレータがドラッグ操作を行なうことにより制御値を更新する請求項8記載のエンジンの過渡試験方法。
- [11] 前記第二のステップまたは前記第四のステップにおいて、シミュレーションの目標値を前記第四のステップにおいてシミュレーション結果と並行に表示されるように表示する請求項8記載のエンジンの過渡試験方法。
- [12] 前記第四のステップでは、シミュレーション結果と目標値との差分が許容範囲を超えた箇所について、そのシミュレーション結果についてそれ以外の箇所とは異なる表示パターンで表示する請求項8記載のエンジンの過渡試験方法。
- [13] 前記第四のステップでは、シミュレーション結果と目標値との差分が許容範囲を越えた箇所に対応する制御値について、それ以外の箇所と異なる表示パターンとする請求項8記載のエンジンの過渡試験方法。
- [14] 前記第四のステップでは、シミュレーションの実行時間を単位時間毎のタイムスリットに分割し、シミュレーション結果と目標値との差分の積分値が閾値を越えたタイムスリットについて、それ以外のタイムスリットと異なる表示パターンで表示する請求項8記載のエンジンの過渡試験方法。
- [15] 情報処理装置にインストールすることにより、
少なくとも1つの制御因子の値を変化させて実機エンジンを運転することにより得られたデータに基づいて作成された過渡エンジンモデルによりエンジンの挙動をシミュレートするシミュレーション手段と、

実機エンジンを制御する実制御手段をエミュレートし、前記シミュレーション手段にエンジン制御信号を与える仮想制御手段と、

この仮想制御手段に前記制御因子に対する制御値を与えるとともに、前記シミュレーション手段のシミュレーション結果をオペレータの表示手段に表示させ、オペレータの操作に従って前記制御値を修正する制御値操作手段と、

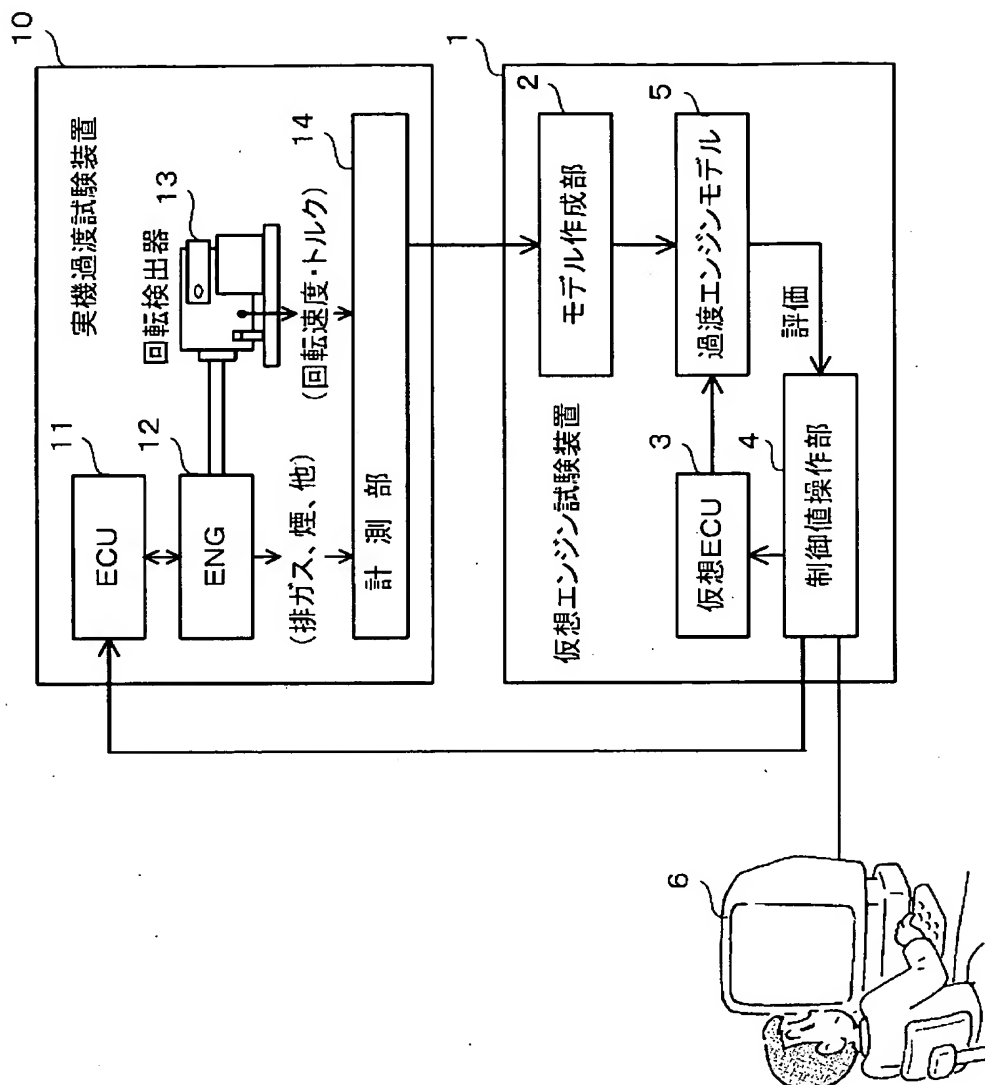
前記シミュレーション結果と共にそのシミュレーションに用いた制御値を前記表示手段に時系列的にグラフ表示させる手段と

を実現する

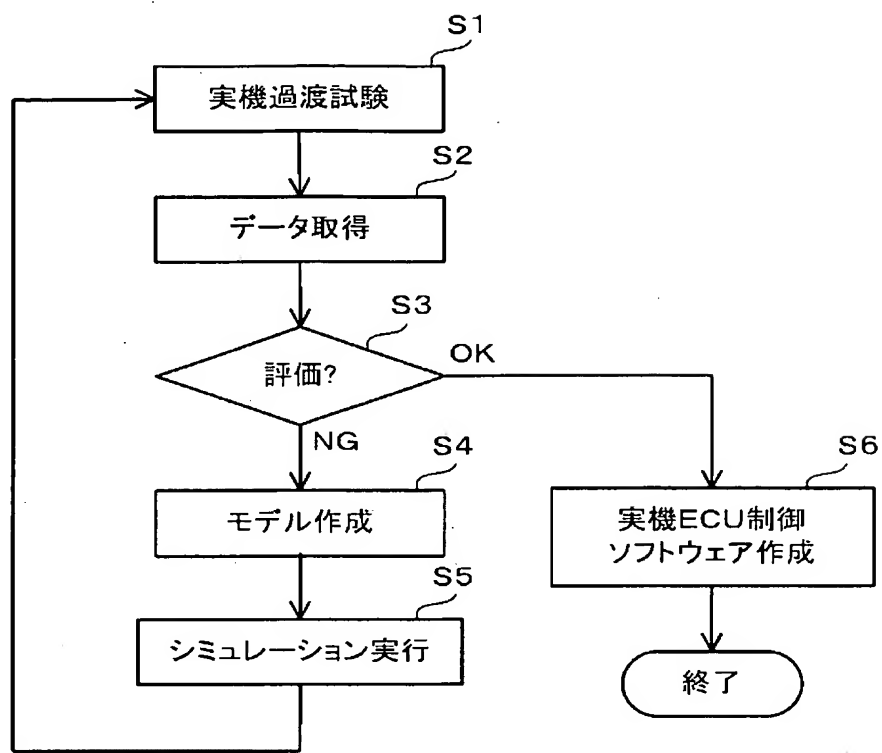
ことを特徴とするコンピュータプログラム。

- [16] 請求項15記載のコンピュータプログラムが記録された情報処理装置読み取り取り可能な記録媒体。

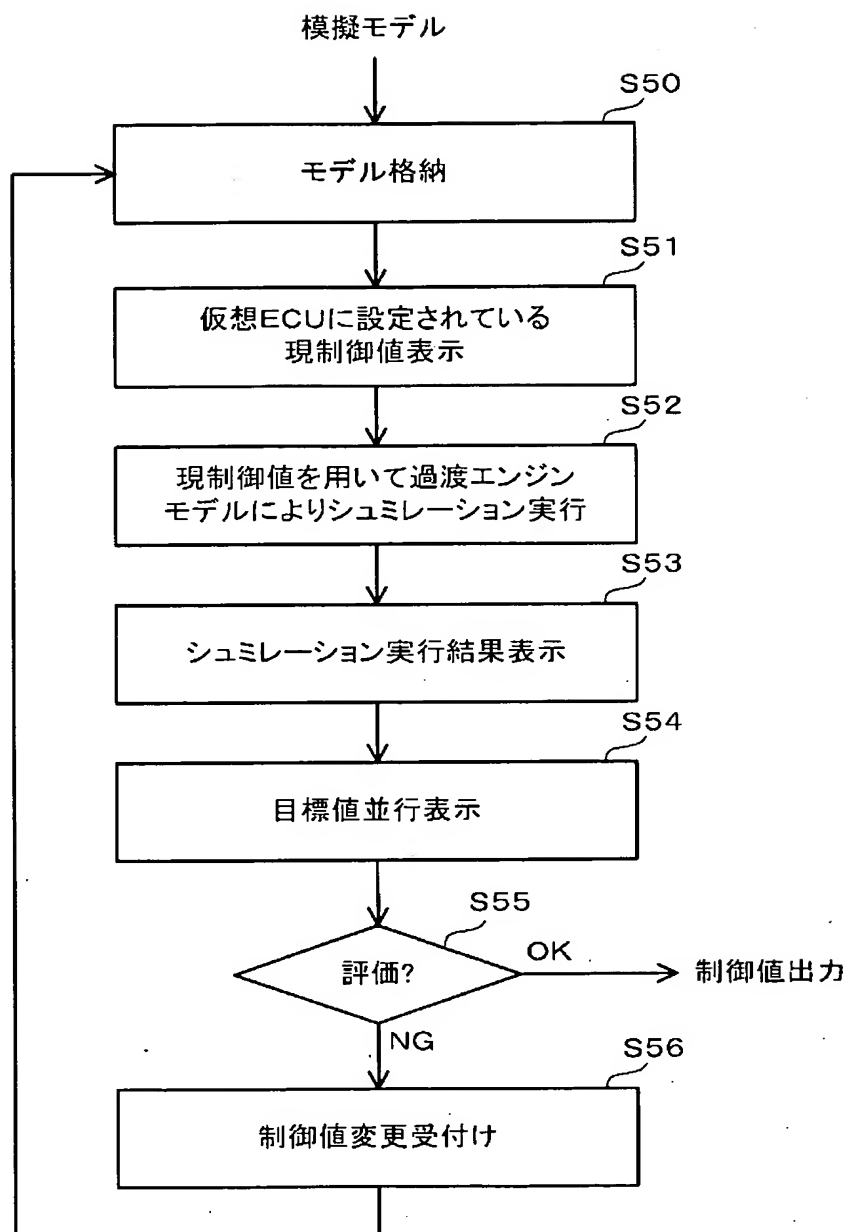
[図1]



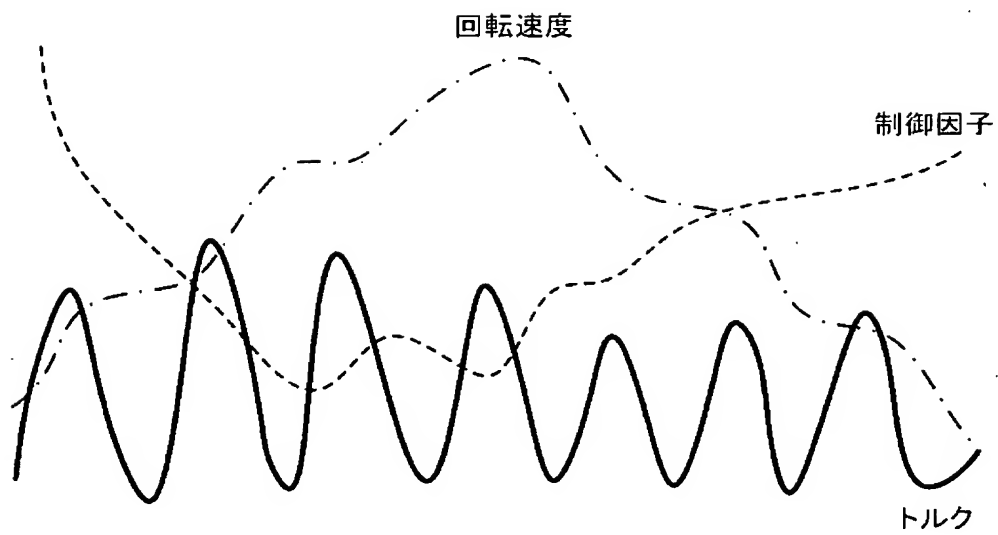
[図2]



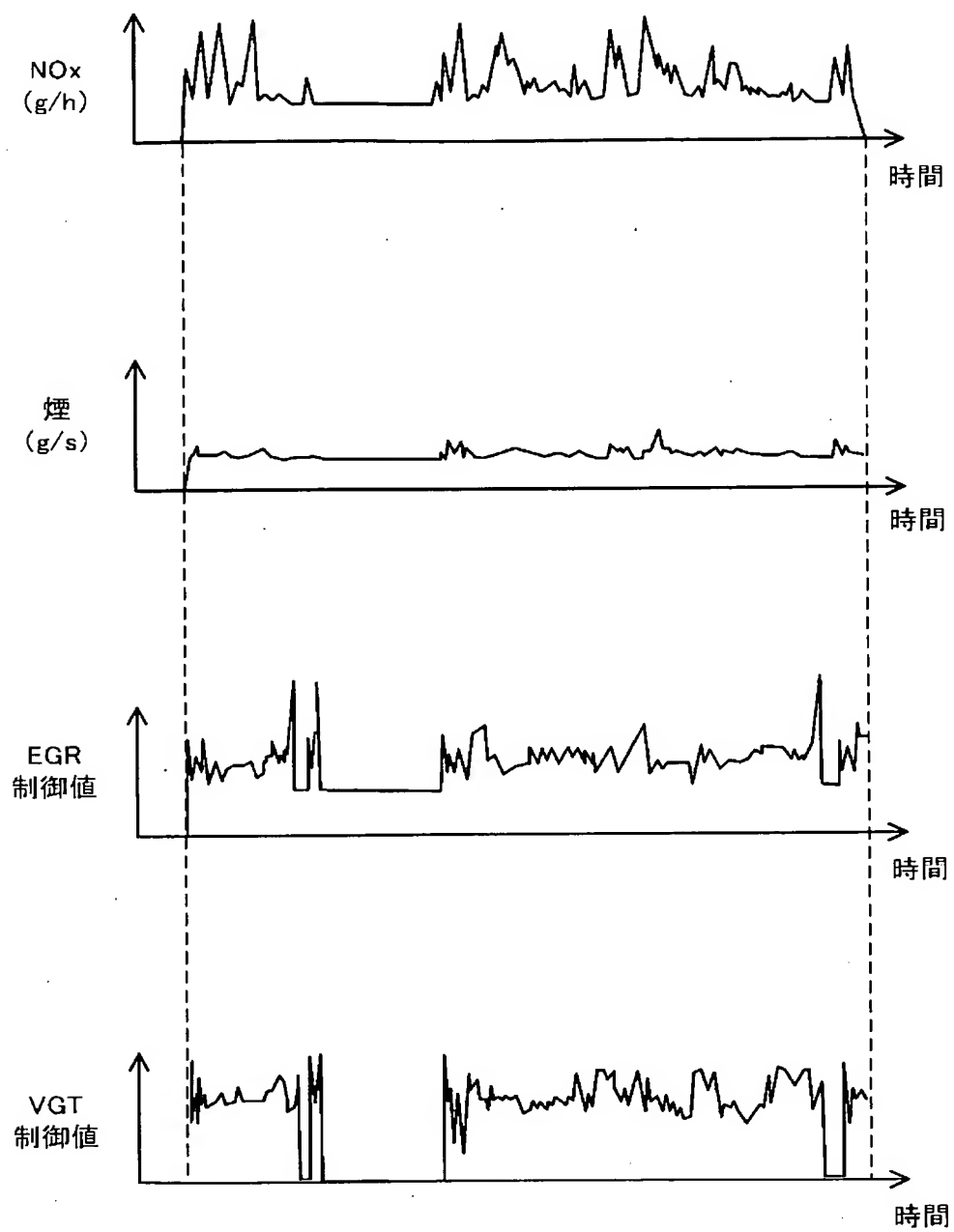
[図3]



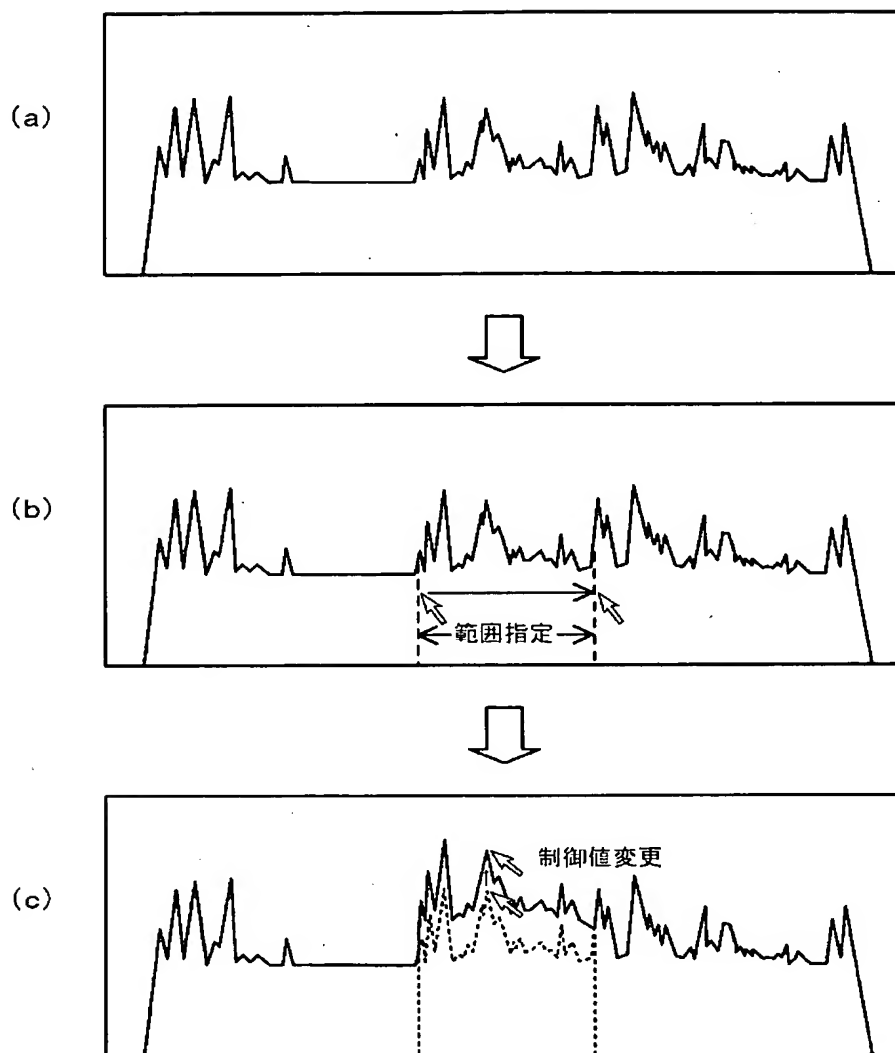
[図4]



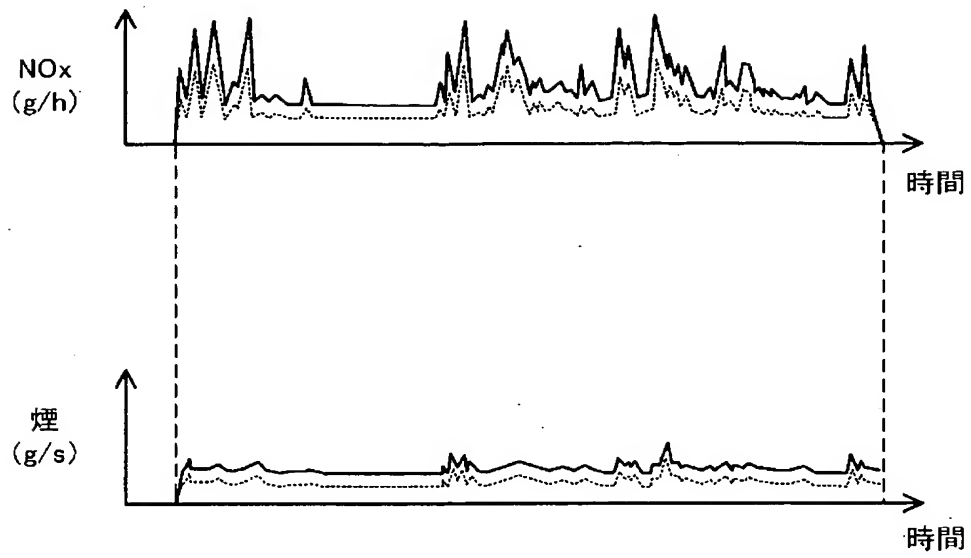
[図5]



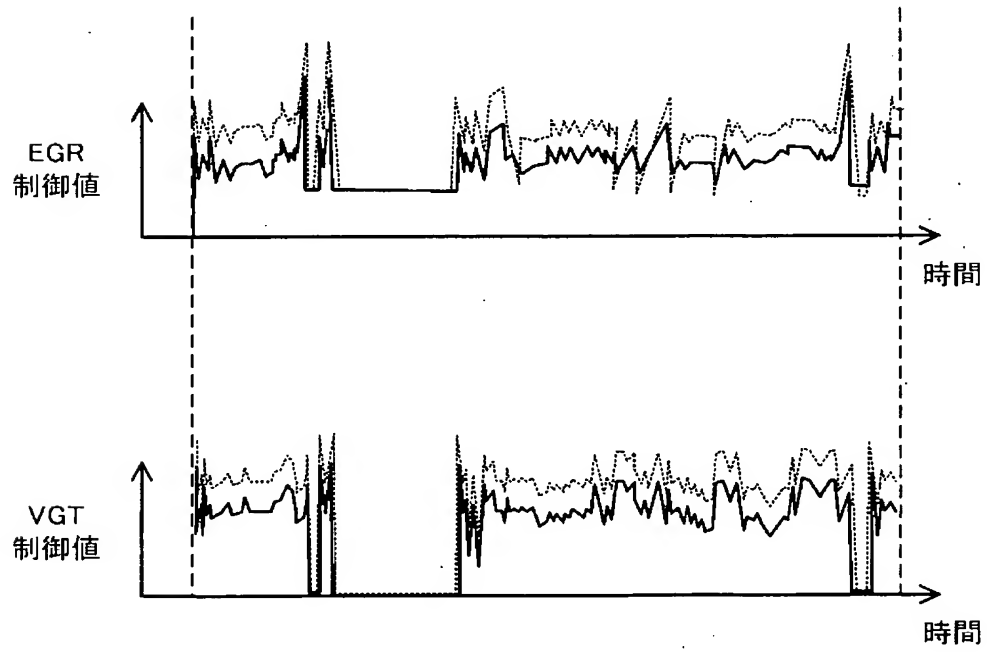
[図6]



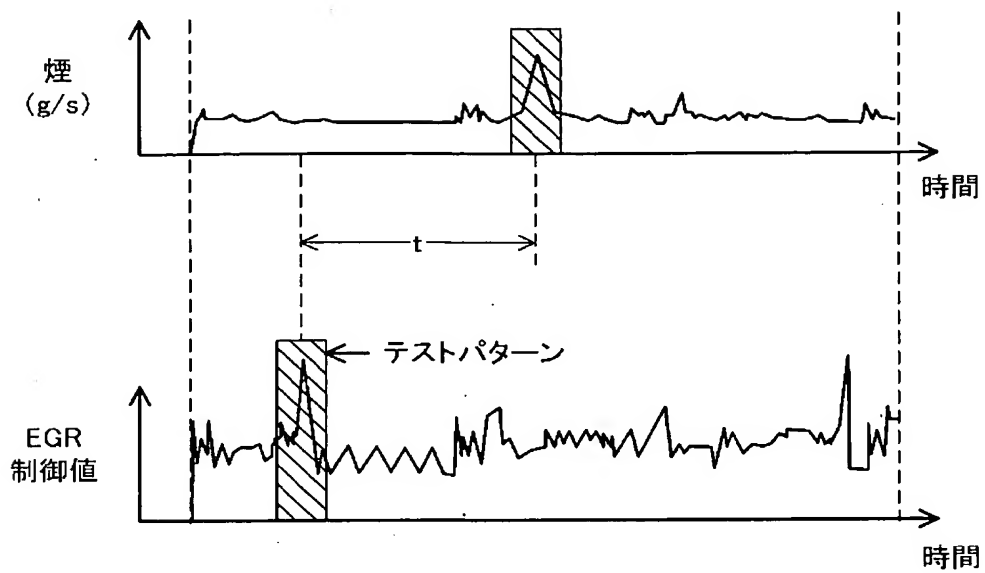
[図7]



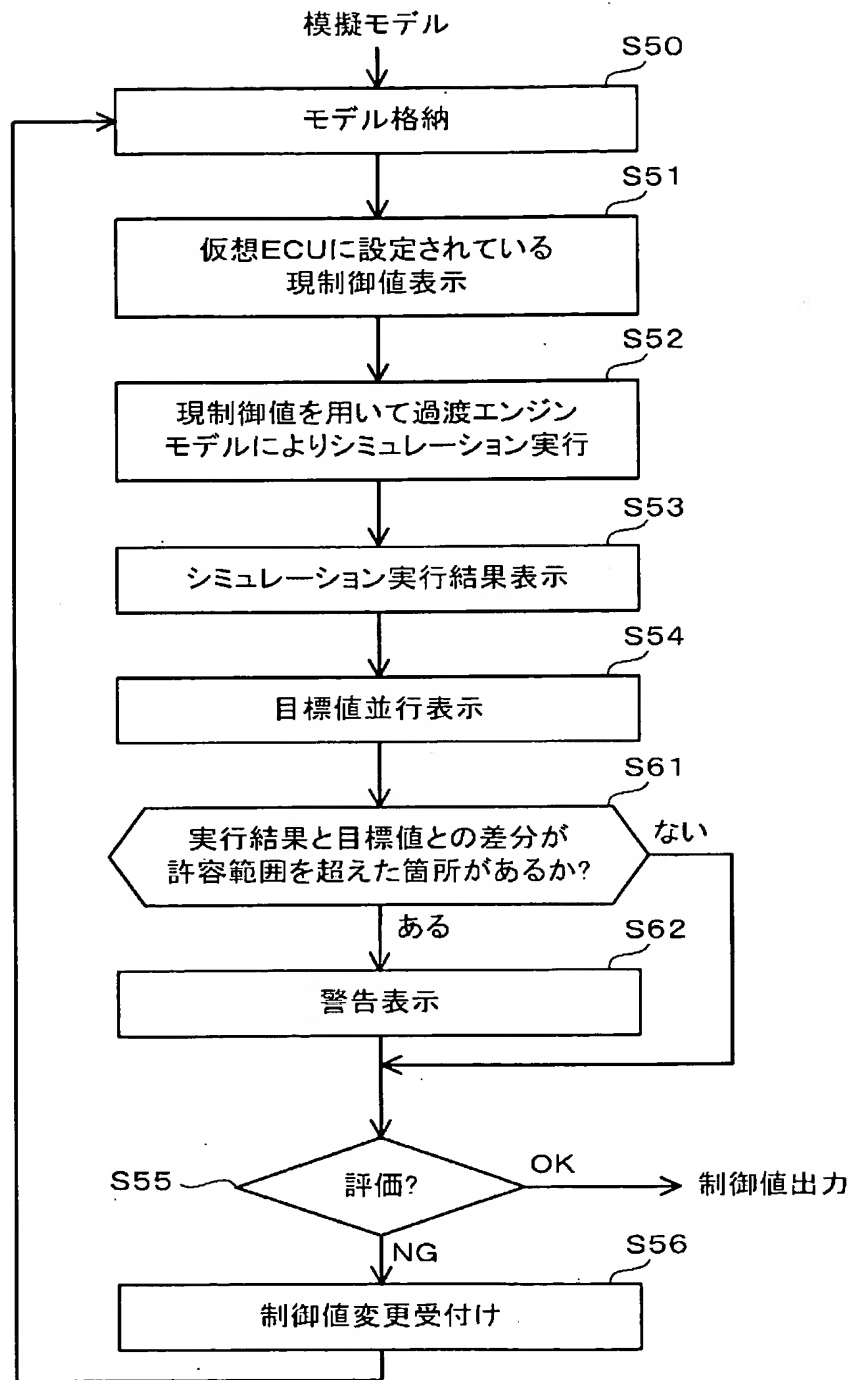
[図8]



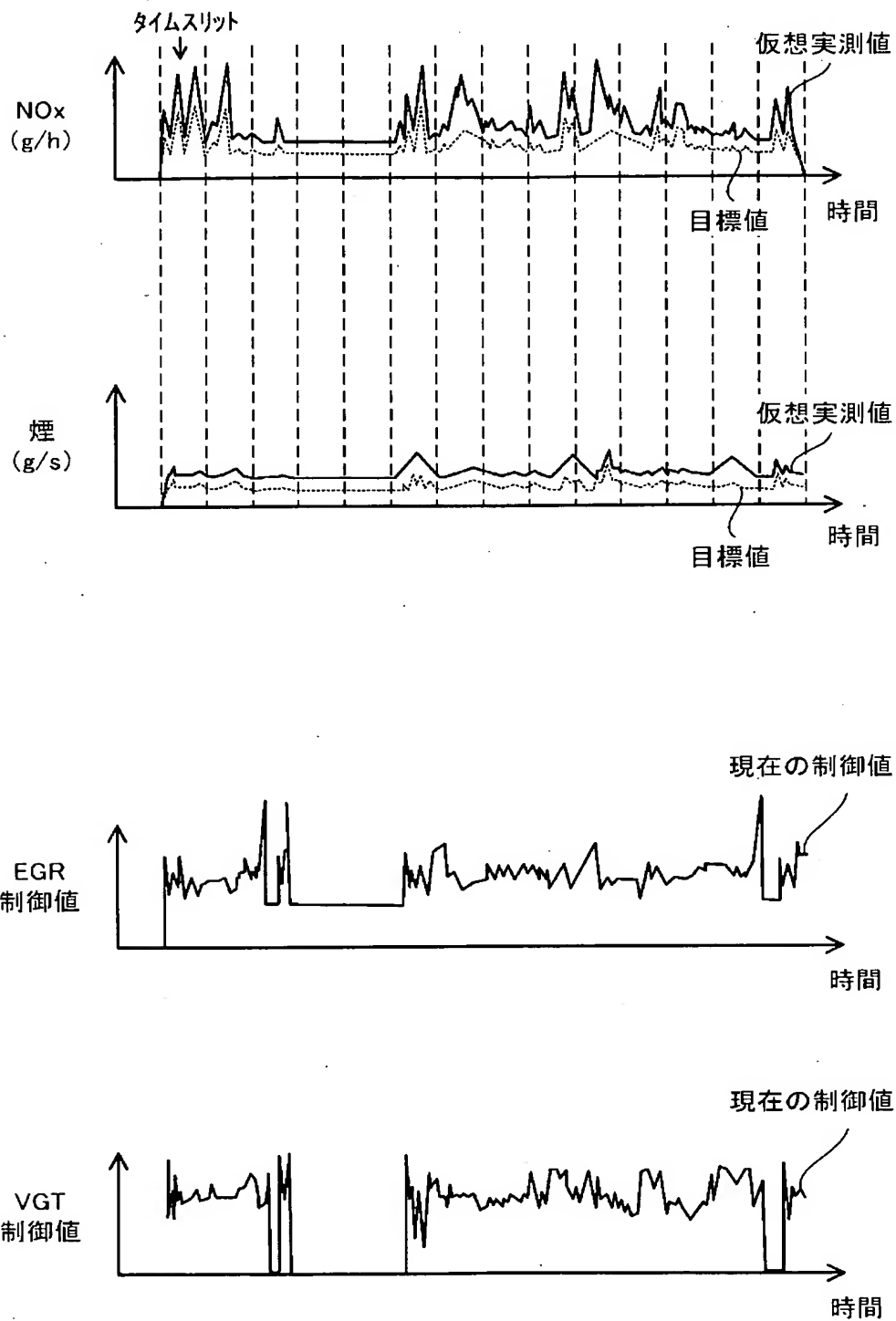
[図9]



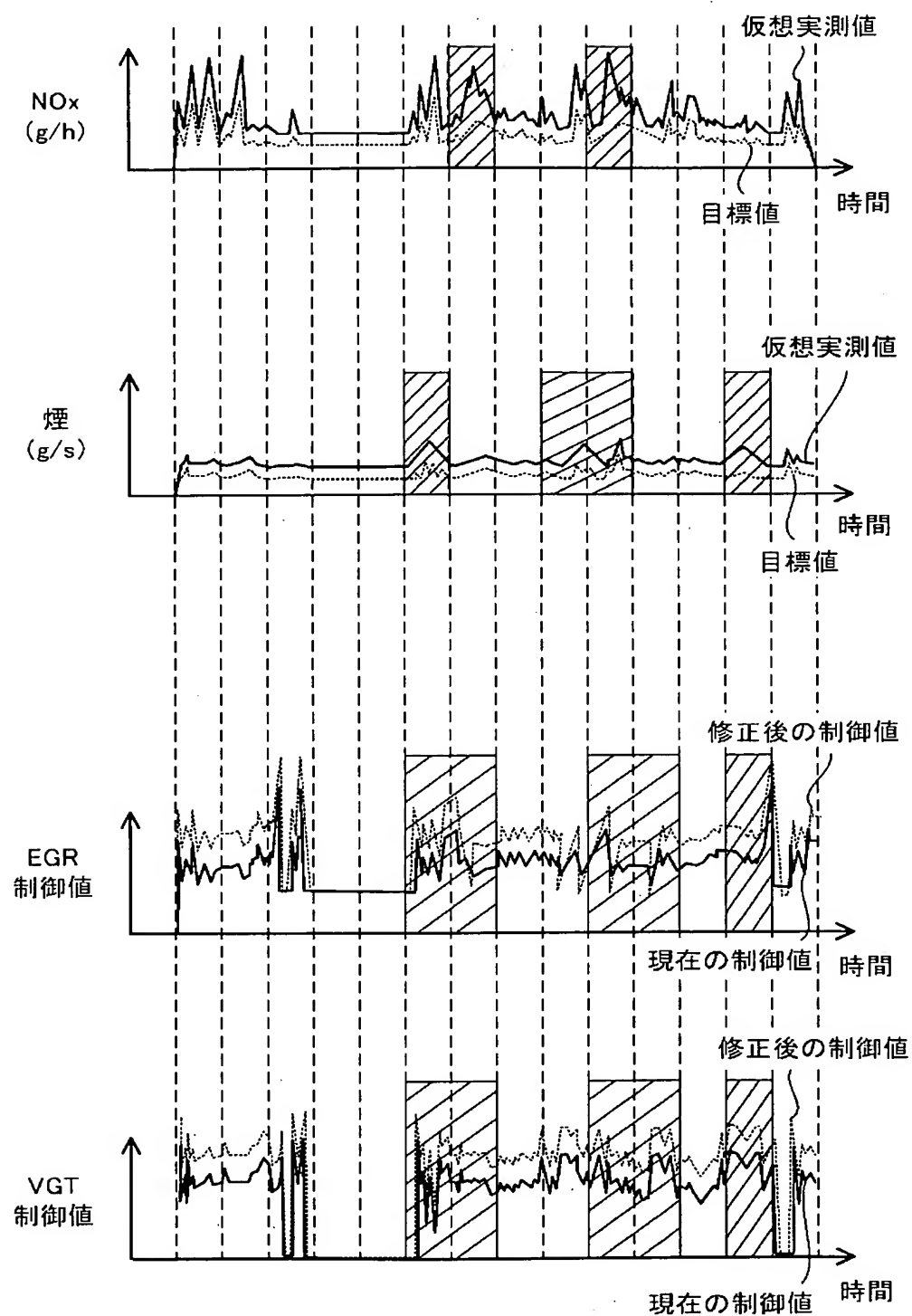
[図10]



[図11]



[図12]



[図13]

